

Таким образом, полученная модель алгоритма формирования диагностических сигналов дает начальное представление о структуре последующего устройства, которое будет хранить в энергонезависимой памяти всю информацию о диагностике.

Наиболее важным подходом при составлении подобного алгоритма является то, что можно не только расширять диапазон диагностических сигналов, но и предусматривать полный автоматизированный контроль преобразовательного устройства, не нарушая его штатного режима работы [2].

Список информационных источников

1. Хернтер М.Е. Multisim 7. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. перевод с англ. Осипов А.И. – М. : ДМК-пресс, 2006. С. 400 – 430.
2. Крупский В.Н., Плиско В.Е. Теория алгоритмов. М. : Академия, 2009, С. 19 – 24.

РЕАЛИЗАЦИЯ АППАРАТНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ПЛИС

Асочаков А.С.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Шульгина Ю.В., ассистент кафедры
промышленной и медицинской электроники*

В настоящее время ультразвуковой неразрушающий контроль приобрел новый виток в своем развитии. Стали активно применяться фазированные антенные решетки, благодаря которым появилась возможность осуществлять визуализацию контролируемых объектов и материалов с высокой скоростью сканирования. Также использование программируемых логических схем позволило повысить скорость сканирования, благодаря тому, что ПЛИС имеет высокую скорость межкристального обмена, а также выполняет большое количество операций одновременно и хранит большой объем информации.

В настоящее время активно применяется метод тактированной фазированной решетки SPA (Sampling phased array)[1-2]. Суть этого метода заключается в поочередном возбуждении элементов антенной решетки и параллельном приеме всеми элементами отраженных сигналов. Принятые ультразвуковые сигналы для каждого

преобразователя решетки с каждой позиции сохраняются и служат исходными данными для визуализации объекта контроля. Таким образом, после однократного цикла приема-передачи могут быть реализованы все углы распространения ультразвука на всю глубину прозвучивания.(Рис.1)[3]

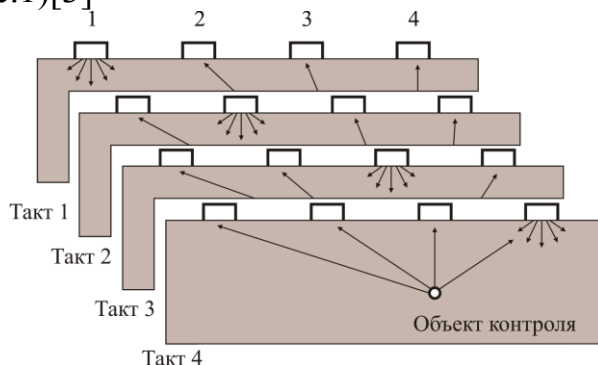


Рис.1. Сканирование методом SPA

Для того чтобы получить изображение среза объекта требуется определить алгоритм обработки отражённых ультразвуковых сигналов, полученных с фазированной решётки. Первоначально либо в процессе обработки, либо предварительно рассчитываются все расстояния от каждого излучателя до каждой точки и до каждого приёмника, т.е. в итоге имеется таблица, которая несет в себе информацию о расстояниях (временах) распространения ультразвука в зависимости от номера точки, номера излучающего датчика и номера принимающего датчика[4]. (Таб.1)

Таб. 1. Информационная матрица

i,j	0,0	0,1	1,0	1,1	...	i,j
N точки						
0	$L_{0,0,0}$	$L_{0,1,0}$	$L_{1,0,0}$	$L_{1,1,0}$		$L_{i,j,0}$
1	$L_{0,0,1}$	$L_{0,1,1}$	$L_{1,0,1}$	$L_{1,1,1}$		$L_{i,j,1}$
...
m	$L_{0,0,m}$	$L_{0,1,m}$	$L_{1,0,m}$	$L_{1,1,m}$		$L_{i,j,m}$

Где: i – номер излучателя, j – номер приемника.

Хранение такого большого количества данных существенно снижает скорость обработки, поскольку информацию приходится хранить не в самой ПЛИС, а во внешней памяти, из-за чего данные приходится обрабатывать последовательно.

Для увеличения скорости обработки данных требуется минимизировать объем памяти, хранимой в ПЛИС. Добиться

существенного сокращения памяти позволит задание симметричных точек для построения изображения, а также правильный алгоритм расчета требуемых адресов.

В основе сокращения матрицы хранящей расстояния (времена) распространения ультразвукового сигнала лежит геометрическое равенство расстояний для симметричного расположения точек (Рис.2).

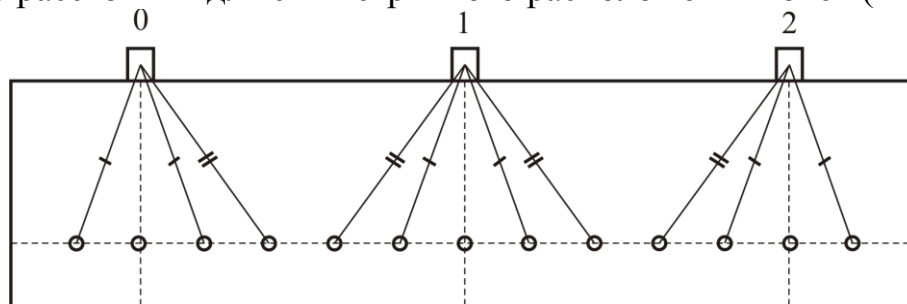


Рис. 2. Расположение датчиков и расчетных точек.

Из рисунка становится, очевидно, что в случае использования трех датчиков имея данные об одном расстоянии можно получить амплитуду сигналов для шести точек. Так же отмеченные отрезки войдут в расчет результирующего пути прохождения ультразвука как часть расстояния или от излучателя до точки или от точки до приемника. При правильном алгоритме обработки данную информацию можно хранить единожды, т.е. используя расстояния только первого датчика до каждой точки.

Для обработки информации и получения результирующей матрицы изображения применяется программируемая логическая схема с архитектурой FPGA.

Результирующая амплитуда расчетной точки объекта контроля определяется как суммирующая амплитуда этой точки из всех полученных сигналов с учетом временного сдвига.

Структурная схема получения амплитуды точки для обработки четырех отражённых ультразвуковых сигналов приведена на рис. 3.

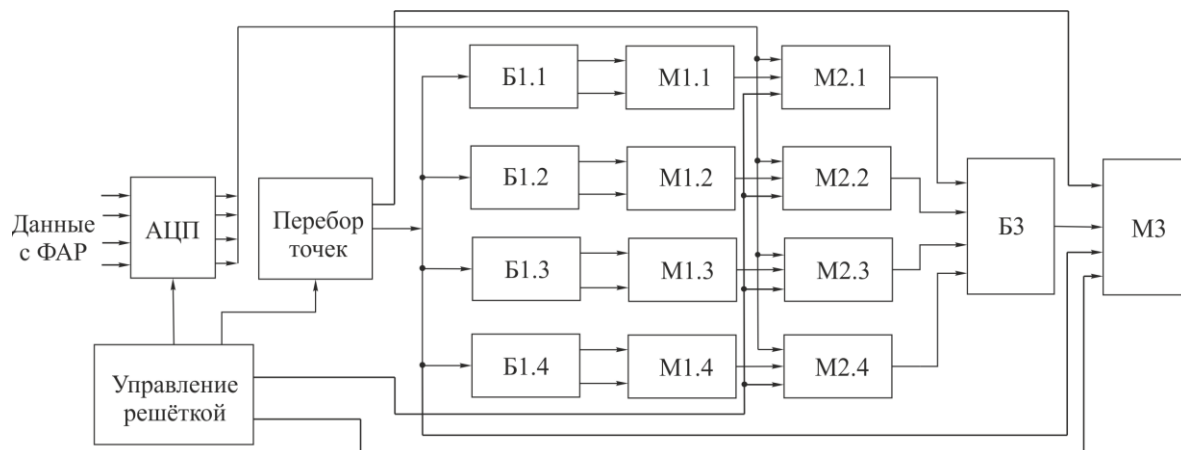


Рис.3. Структурная схема системы обработки

Каждый элемент решётки поочерёдно возбуждается и через АЦП амплитуда точки для каждого сочетания передатчик-приёмник записывается в матрицу М2.

На выходе блока перебора точек данные поступают на блок первичной обработки Б1. В этом блоке происходит расчет адреса для матрицы путей, хранящей время прохождения ультразвука от источника до излучателя через выбранную точку изображения объекта. Из сквозной нумерации точек осуществляется переход к формату строка - столбец.

На выходе блока Б1 имеем информацию об адресе t_1 и t_2 для матрицы путей М1. Эта матрица хранит информацию о временном отрезке, необходимого ультразвуку, чтобы преодолеть расстояние от первого датчика до расчетной точки и до приемника. Результатом работы этого блока является адрес для память А-скана М2. Элемент памяти хранящий информацию об отклике сигнала, пришедшего на датчик в виде амплитудного сигнала. Рассчитанный в предыдущем блоке временной интервал служит адресной информацией для нахождения в А – скане амплитуды расчетной точки.

Амплитуда расчетной точки записывается в память изображения, хранящий информацию о изображении всех расчетных точек из первого А – скана.

В результате реализации данного алгоритма обработки на ПЛИС для 16ти канальной системы, с учетом оптимизации, требуется 32768 бита памяти, что в 16 раз меньше, чем для реализации системы без сокращения матрицы путей – 524288 бит.

При этом за счет параллельной работы каналов скорость обработки в 16 раз, чем при последовательной обработки на микропроцессоре.

Список информационных источников:

1. Ультразвуковые решетки для количественного неразрушающего контроля. инженерный подход. // Болотина И.О., Дьякина М.Е., Жантлесов Е., Крёнинг М., Мор Ф., Редди К., Солдатов А.И. Дефектоскопия. 2013. – № 3. – С. 21-40.

2. Диаграмма направленности антенной решетки при сканировании по методу SAFT. // Квасников К.Г., Макаров В.С., Солдатов А.И., Сорокин П.В., Солдатов А.А., Кренинг Х.М.В.А., Рябушкин А.П. Контроль. Диагностика. – 2012, № 13. – С. 62-66.

3. A. I. Soldatov, P. V. Sorokin, V. S. Makarov, A. A. Soldatov, [and others], "Nondestructive testing of pallets defects by multichannel ultrasound system," in 2013 52nd Annual Conference of the British Institute of Non-Destructive Testing, 2013 – pp. 1-7.

4. А. С. Асочаков, Ю. В. Шульгина. Метод обработки ультразвукового сигнала фазированной антенной решётки. // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции, 2015. – стр. 230-233.

УСТРОЙСТВО ОГРАНИЧЕНИЯ ПУСКОВОГО ТОКА

Барило А.Е.

Томский политехнический университет

*Научный руководитель: Огородников Д.Н., к.т.н., доцент кафедры
промышленной и медицинской электроники*

Пусковой ток — это пиковый ток, возникающий в цепях источника питания при включении. [1] В сущности, все методы ограничения пускового тока сводятся к нескольким основным вариантам, а именно:

- заряд с помощью зарядного резистора;
- заряд с помощью термистора;
- заряд с помощью транзистора;
- заряд с помощью тириستоров.

Все они имеют множество схемных вариаций и довольно широко используются на практике.

Заряд с помощью зарядного резистора, пожалуй, наиболее распространённый способ ограничения пускового тока. Популярность этого метода объясняется простотой и дешевизной реализации, очень высокой надёжностью (КЗ в нагрузке схема из строя не выйдет),